

METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING AN ALGEBRAIC SOLUTION TO GPS TERRESTRIAL HYBRID LOCATION SYSTEM EQUATIONS

Patent number: WO0148506
Publication date: 2001-07-05
Inventor: FERNANDEZ-CORBATON IVAN J; VAYANOS ALKINOOS HECTOR;
AGASHE PARAG A; SOLIMAN SAMIR S
Applicant: QUALCOMM INC (US)
Classification:
- international: G01S5/14
- european: G01S5/14B3
Application number: WO2000US33375 20001207
Priority number(s): US19990460180 19991210

Also published as:

WO0148506 (A)
US6289280 (B)
CA2393505 (A)

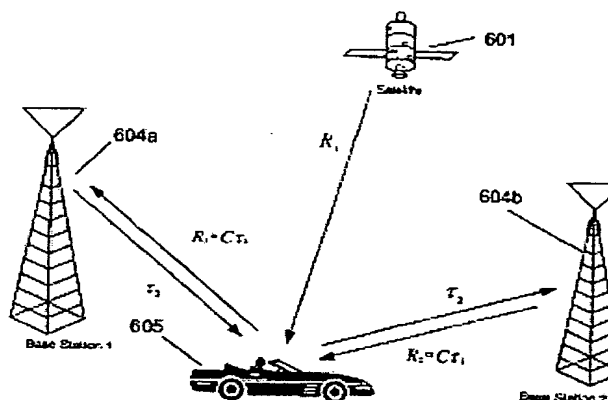
Cited documents:

WO9954752
US5914686
WO9947943
XP000972710

Report a data error here

Abstract of WO0148506

A method and apparatus for use in a hybrid position location system. The method and apparatus combines measurements from Global Positioning System (GPS) and terrestrial transceiver stations to compute the location of a device. An algebraic solution to hybrid position location system equations is output from the method and apparatus. The method and apparatus determines the position of a device using a non-iterative method, as against the use of a conventional iterative least mean square method. The method of the present invention can be used to solve the location system equations in scenarios where a non-iterative solution is desirable. In certain scenarios, the location system equations may have two possible solutions. An iterative method would converge on one of the solutions, without any indication of the existence of the other ambiguous solution. Moreover, the iterative method may converge on the incorrect of the two ambiguous solutions. Use of the presently disclosed method and apparatus yields both the ambiguous solutions. The disclosed method may be followed up with iterative methods, using the solutions from the algebraic method as initial estimates of the device location for the iterative method. A different process can then select the correct solution. Thus, the algebraic method can be used to detect the existence of ambiguous solutions, and to find both solutions.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2003-518632

(P2003-518632A)

(43) 公表日 平成15年6月10日 (2003. 6. 10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 S	5/02	G 0 1 S	5/02
	5/14		5/14
H 0 4 Q	7/34	H 0 4 Q	7/04

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2001-549101(P2001-549101)
(86) (22) 出願日 平成12年12月7日 (2000. 12. 7)
(85) 翻訳文提出日 平成14年6月10日 (2002. 6. 10)
(86) 国際出願番号 P C T / U S 0 0 / 3 3 3 7 5
(87) 国際公開番号 W O 0 1 / 0 4 8 5 0 6
(87) 国際公開日 平成13年7月5日 (2001. 7. 5)
(31) 優先権主張番号 0 9 / 4 6 0 , 1 8 0
(32) 優先日 平成11年12月10日 (1999. 12. 10)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 クアアルコム・インコーポレイテッド
QUALCOMM INCORPORATED
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
92121-1714、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5775
(72) 発明者 フェルナンデス・コーバトン、イワン・ジェイ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
92109 サン・ディエゴ、ダイヤモンド・ストリート 919
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外3名)

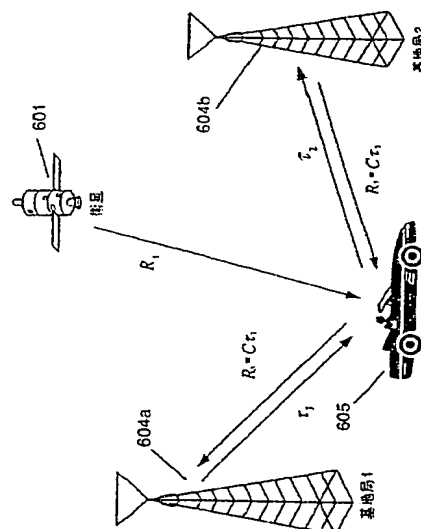
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GPS地上ハイブリッド位置決定システム方程式に対する代数的解を決定する方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 GPS地上ハイブリッド位置決定システム方程式に対する代数的解を決定する方法および装置

【解決手段】 ハイブリッド位置決定システムで使用するための装置。この装置は、グローバルポジショニングシステム (GPS) および地上トランシーバ局からの測定値を結合して、装置の位置を計算する。ハイブリッド位置決定システム方程式の代数的解は、開示された装置から出力される。この装置は、従来の反復最少平均二乗法の使用に対して非反復法を使用する装置の位置を決定する。本発明の方法は、非反復法が望ましいシナリオで位置決定システムの方程式を解くために使用できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】装置の位置を決定する方法であって、

- a) 決定されるように求められる特定の位置に関連した距離情報、擬似距離情報、および到達差の情報を受信する、
 - b) 前記擬似距離情報に関連した未知数二次項を除去する平面波近似を使用する、
 - c) 前記距離情報の前記未知数二次項に二次変数を代入する、
 - d) 送信点の1つを有する座標フレームを前記座標フレームの原点として構成する、
 - e) 新しく構成された座標フレームによって距離到達差の情報を示す、
 - f) 未知の位置座標に二次変数を代入し、到達差の情報の前記方程式を前記擬似距離情報および前記距離情報を示すために使用される形式と同じ形式に配置する、
 - g) 前記距離、擬似距離および到達差の情報に対する前記方程式を連結して一つの方程式のセットにする、
 - h) 未知数を前記二次変数の関数として示す、及び
 - i) 前記二次変数に対する解を求め、求められる位置に対する2つの解を決定する、
- の工程を含む、装置の位置を決定する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】

本発明は、一般に装置の位置を決めること、特にグローバルポジショニングシステム（GPS）衛星から供給される、位置決定システム（position location systems）に関する情報に基づいて装置の位置を決める方法と装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

グローバルポジショニングシステム（GPS）および地上移動通信の最近の発達は、GPS機能性をセルラ移動局のような移動通信装置に統合することを望ましくする。セルラ地球位置（geolocation）問題は、ネットワークベース方法あるいはハンドセットベース方法のいずれかを使用して解決できる。

【0003】

地上の位置

ネットワークベース解法は、移動局から送信され、複数の固定基地局で受信される信号による。これは、基地局で移動局信号の到達時間（TOA）を測定することによって行うことができる。移動体は、異なる基地局における同じ信号の到達時間の差によって規定される双曲線上にある。正確な位置推定値は、正確な同期化および信号構造（帯域幅等）によって決まる。

【0004】

GPSベース位置決定

GPSベース位置決定は、12時間毎に地球を回る24の衛星（加えて1つあるいはそれ以上の軌道上の予備）の集合体による。この衛星は26,000kmの高度にある。各衛星は、2つの信号、すなわちL1（1575.42MHz）およびL2（1227.60MHz）を送信する。L1信号は、2つの擬似ランダム雑音（PN）コード、すなわち保護（P）コードおよび粗／同期補足（coarse/acquisition）（C/A）コードで変調される。L2信号はPコードだけを伝送する。各衛星は、固有コードを送信し、受信機が信号を識別することを可能にす

る。民間のナビゲーション受信機はL1周波数のC/Aだけを使用する。

【0005】

GPSを支持する考え方は、位置を決定する基準点として宇宙の衛星を使用する。3つの衛星からの距離を正確に測定にすることによって、受信機は、地球上のどこであろうとその位置を「三角測量する」。受信機は、信号が衛星から受信機に伝わるのに必要とされる時間を測定することによって距離を測定する。しかしながら、伝達時間を測定する際の問題は、信号が衛星を出た時間を正確に知らなければならないことにある。これを行うために、全衛星および受信機は、正確に同じ時刻に同じコードを発生するように同期化される。したがって、信号が衛星を出た時間を知り、その信号を受信する時間を内部時計に基づいて観測することによって、受信機は信号の移動時間を決定できる。受信機がGPS衛星と同期される正確な時計を有する場合、3つの衛星からの3つの測定値は、3次元の位置を決定するのに十分である。各擬似距離(PR)測定値は、対応する衛星に中心がある球体の表面上の位置を示している。GPS衛星は、GPSマスタプラン(master plan)に従って非常に正確な軌道に配置されている。GPS受信機は、各衛星が所定の時間に上空のどこにあるかを示す記憶された「暦」を有する。地上局は、GPS衛星の軌道の変化を観測するためにGPS衛星を連続して監視する。一旦衛星位置が測定されると、この情報は、中継され衛星に戻され、衛星は、ナビゲーションメッセージの一部として衛星のタイミング情報とともにこれらの若干の誤差「天体位置表」を受信機に送る放送する。

【0006】

GPS受信機に正確な時計を具備ことは非常に高価である。実際には、GPS受信機は、それ自体の時計に対して4つの衛星からの到達時間差を測定し、次にユーザの位置およびGPS時間に対する時計のバイアスの両方に対する値を求める。図1は、4つの衛星101、102、103、104およびGPS受信機105を示している。4つの衛星からの到達時間差を測定することは、図1に示されるようなPR測定値および衛星位置(衛星データ)を与える4つの未知数を有する4つの方程式の系を解くことを含む。換言すると、受信機の時計の誤差のために、4つの球は、単一点で交差しない。この受信機は、それで、4つの球が1

つの点で交差するようにその時計を調整する。

【0007】

ハイブリッド位置決定システム

地上の位置決定の解法およびGPSの解法は互いに補足する。例えば、田舎の地域および郊外地域では、あまり多くの基地局は移動局と連絡を取れないが、GPS受信機は、4つあるいはそれ以上の衛星を認識できる。反対に、密集した都市圏および建物内部では、GPS受信機は、十分な衛星を検出できない。しかしながら、移動局は、2つあるいはそれ以上の基地局を認識できる。ハイブリッド解法は、移動局およびネットワークの両方に既に利用可能であるセルラ/PCS情報を利用する。GPS測定値および地上測定値を結合することは、位置の決定の有効性にかなり改良を与える。ハイブリッド位置決定システムは、地上ネットワークからの往復遅延(RTD)測定値およびパイロット位相測定値をGPS測定値と結合してもよい。

【0008】

ハイブリッド方式は、GPS測定値およびネットワーク測定値を組み合わせ、移動局の位置を計算する。移動局は、GPS集合体およびセルラ/PCSネットワークから測定値を収集する。これらの測定値は、移動局位置の推定値を生成するように結合される。

【0009】

十分なGPS測定値が使用可能である場合、ネットワーク測定値を使用することは必要ない。しかしながら、衛星が4個未満の場合、あるいは幾何学的配列が良くない場合、4つあるいはそれ以上の衛星測定値、該測定値は、ネットワーク測定値で補足されねばならない。解を得るための最少数の測定値は、未知数の数に等しい。このシステムは、4つの未知数(3つの座標およびGPS受信機時間バイアス)を有するので、解を得るための最少数の測定値は4である。利用可能でない、いかなる衛星測定値の場合も往復遅延(RTD)測定値は、基地局までの距離を決定するために使用されてもよい。RTD測定値も、時間補助情報を与えるために使用されてもよい。さらに、PNオフセット擬似距離のような他の情報(時間バイアスが衛星に対して同じである場合)、PNオフセット差(時間バ

ィアスが異なる場合) および高度補助は、付加的情報をもたらすので、求める未知数(すなわち、 x 、 y 、 z 、および時間オフセット)を含む方程式の数を増加させる。方程式の全数が4よりも大きい限り、解を見つけることができる。

【0010】

往復遅延(RTD)

基地局の各セクターの順方向リンク上のパイロットタイミングは、GPSシステム時間と同期される。移動局の時間基準は、復調で使用される最も早く到達する使用可能なマルチパス構成要素の移動局アンテナコネクタで測定されるような発生の時間である。移動局の時間基準は、逆トラフィックチャネルおよびアクセスチャネルの送信時間として使用される。

【0011】

図2は、1つの地上トランシーバ局201および移動局202を示している。図2に示されるように、移動体202は、サービング(serving)基地局201からの受信時間の基準をそれ自体の時間基準として使用する。それ自体のハードウェア遅延およびソフトウェア遅延の原因を示すと、移動局は、順方向リンクおよび逆方向リンクが本質的に等しい伝搬遅延を有すると仮定すると、合計2 τ だけ遅延されるサービング基地局201に受信して戻されるようにその信号を送信する。全遅延は、移動局202からの受信信号を時間 T_{rx} の基準信号と関連付けることによって基地局で測定される。測定されたRTDは、(基地局側のハードウェア遅延の校正後の)移動体202と基地局201との距離の2倍に相当する。

【0012】

サービング基地局のPNの情報は、(おおまかな到達角(AOA)測定のような区分化のために)不明確さを解決することを助けるためにも使用することができることに注意しなければならない。

【0013】

パイロット位相測定

移動局は、アクティブパイロットおよび隣接パイロットを連続して探索している。この過程では、移動局は、受信する各パイロットのPNオフセットを測定す

る。時間基準がPNオフセットおよび衛星測定値の両方で同じである場合、（対応するアンテナコネクタで測定されるような）これらの測定値のバイアスは同じである。そのときこれらは、両方擬似距離とみなすことができる。

【0014】

時間基準が異なる場合、単に各パイロットと基準（最も早い到達）パイロットとのPNオフセット差を使用できる。パイロットPN位相差は、2つの基地局からの2つのパイロットの到達時間差（TDOA）と同じである。図4は、2つのこのような基地局401および移動局405を示している。

【0015】

大部分のセルラシステムでアンテナは区分化され、各PNは、基地局よりもむしろセクターに関連していることに注目せよ。したがって、各測定値は、TDOA情報に加えて、不明確さを解決するために使用できるあるレベルの到達角度情報（AOA）を与えることができる。

【0016】

高度補助測定

常に電話がどのセクターと通信しているかを決定することができる。これは、電話の位置の推定値を3キロメートルから5キロメートル以内に与えることができる。ネットワーク計画は、通常カバレッジエリアのデジタルマップに基づいて行われる。地形情報およびセクターの情報に基づいて、常にユーザ仰角の申し分のない推定値を得ることができる。

【0017】

3つの衛星による3D位置決め

図3は、3つの衛星301、302、303、地上トランシーバ局304、および移動局305を示している。図3に示されるように、移動局305は少なくとも1つの基地局304からCDMA信号を受信するので、移動体305は、システム時間を得る。システム時間のその検知は、移動局305と基地局304との間の伝搬遅延 τ だけサービング基地局304の正確なシステム時間に対して遅延される。一旦移動局305がシステムにアクセスしようと試みるかあるいはトラフィックチャネル上にあると、伝搬遅延 τ は、 $RTD/2$ によって推定される

。この推定値は、「正確な」GPS時間に一致するように移動システム時間を調整するために使用できる。いま、移動局305内の移動時計はGPS時間と同期化される。したがって、3つの衛星301、302、303からの3つの測定値が必要される。移動システム時間はこの信号が直接パスあるいは反射パスをとるかどうかにかかわらず、ただGPS時間からシフトされているために、マルチパスはシステムの性能に影響を及ぼさないことに注目せよ。基地局30のRTD測定代わりに、パイロット位相オフセットの移動局の測定値は、必要とされる衛星数を3つに減らすために使用できる。

【0018】

2つの衛星による3D位置決め

タイミングのためにサービング基地局のRTDを使用することに加えて、サービング基地局は、図5に示されるように距離を突き止めるためにも使用できる。図5は、2つの衛星501、502、基地局504、および移動局505を示している。サービング基地局504の距離は、 $R_s = C \tau$ によって示され、ここで、 C は光速である。ここでマルチパスは位置決め精度に影響を及ぼす。所定の幾何学的配置のシナリオの下では、2つの不明確な解を得ることができることに注目せよ。この不明確さは、区分化情報あるいは順方向リンク情報のいずれかを使用することによって解決できる。例えば、隣接するパイロットのパイロットPN位相差は、生じる不明確さを解決するために使用できる。さらに、パイロット位相測定値は、RTD測定値の代わりにあるいはRTD測定値に加えて使用されてもよい。

【0019】

1つの衛星による3D位置決め

このシナリオでは、提案された方式は、セルラ/PCSネットワークからの1つの付加測定値を必要とする。この付加測定値は、順方向リンク上の第2のRTD測定値あるいはパイロット位相オフセットのいずれかであり得る。図6は、衛星601、2つの地上トランシーバ局604および移動局605を示している。計算された位置に及ぼすマルチパスの影響を減らすために、移動局605は、最も早い到達路のパイロット位相を報告する。

【0020】

異なる種類の測定値を結合する場合、反復解法（例えば、周知の「ニュートンアルゴリズム」ベース傾斜方式）は、解（すなわち、求められる装置の位置）を決定するために使用されてもよい。しかしながら、反復解法が使用される所定のシナリオでは、2つの解が可能である。反復解法で使用される測定値の二次特性（すなわち、解が必要とされる未知数の少なくとも1つが2乗されるという事実）のために2つの解が可能である。2つの解の可能な存在は解の不明確さを形成する。すなわち、2つの解のどれが求められる位置を示しているかは明らかである。これは、グローバルポジショニングシステム（GPS）を含む（AOAを除く）全種類のポジショニングシステムに応用する。

【0021】

不明確さの存在は、測定値の冗長性の存在および位置情報を供給する衛星および地上トランシーバ局の相対位置による。測定値に冗長性が全然ない場合常に不明確さがある。しかしながら、冗長性がある場合、不明確さが常に存在するが、幾何学的配置は、供給される情報量が付加測定値に照らしてさえ不十分であるほどの配置である。しかしながら、これらはまれな出来事である。

【0022】

反復方法は、他の解の存在あるいは位置の少しの指示なしに解の中の1つに集束する。集束する特定の解は、使用される初期条件によって単に決まる。

【0023】

GPSの場合、衛星の距離のために、不明確な解は、一般的には地球の表面から非常に離れている。したがって、地球の表面に近い初期条件が与えられる場合、反復方法が間違った解に集束することは不可能である。しかしながら、衛星測定値を基地局測定値と結合する場合、2つの不明確な解が互いに接近していることはまさしく可能である。したがって、反復方法は、集束される解が正確な解であるかどうかあるいはともかく2つの解があるかどうかに関する明らかな決定なしに2つの解の中の1つに任意に集束する。

【0024】

2つの解が存在する場合、徹底的な探索は両方の解を識別するために実行でき

る。しかしながら、1つの解だけが存在する場合、1つの解だけが存在するという決定を行うことができる前に最少平均二乗法 (LMS) 反復方法を数回実行する必要がある得る。バンクロフト (Bacroft) (1984年1月8日にIEEEによって発行された「GPS方程式の代数的解法 (An Algebraic Solution of the GPS equation)」) およびシッパア (Schipper) (1997年8月5日に出願された米国特許第5,914,686号の「擬似距離方程式の正確な解の利用 (Utilisation of Exact Solution of the Pseudorange Equation)」) の両方によって示された代数的方法は、全測定値が同じ時間バイアスを有することを必要とする。これは、代数的方法と併用できる測定値の種類に対する抑制する要求である。したがって、CDMA通信システム基地局からの測定値が情報源の中の1つとして使用される場合、PN位相測定値は、基地局への擬似距離を決定するために使用される。PN位相測定値の使用は、GPS受信機が時計周波数に対してばかりでなく、時計位相に対してもなくセルラトランシーバと同期化されるべきである。

【0025】

前述されるように、使用することは有利である他の測定値は、その位置が求められる装置とセルラ通信基地局のような地上トランシーバとの間でのRTDの測定値である。しかしながら、(0である) RTDの測定値から生じる距離測定値の時間バイアスはGPS測定値に関連した時間バイアスと同じでないので、RTDから得られる距離測定値は代数的解法には全然使用できない。代数的解法が不明確な解を識別する最も有用な方法であるために、この方法は、使用可能である測定値の全てを使用できるべきである。

【0026】

したがって、ハイブリッド位置決めシステム方程式と併用するための方法を実行するより用途の広い代数的方法および装置が示されている。

【0027】

【発明の概要】

開示された方法および装置は、ハイブリッド位置決定システムで使用される。

開示された方法および装置は、グローバルポジショニングシステム（GPS）および地上トランシーバ局からの測定値を結合して、装置の位置を計算する。ハイブリッド位置決定システム方程式の代数的解は、開示された装置から出力される。この方法および装置は、従来の反復最少平均二乗法の使用に対して非反復方法を使用する装置の位置を決定する。本発明の方法は、非反復解法が望ましいシナリオで位置決定システムの方程式を解くために使用できる。あるシナリオ（scenarios）では、位置決定システム方程式は2つの可能な解を有してもよい。反復方法は、他の不明確な解の存在のいかなる指示もなしに解の1つに集束する。さらに、反復方法は、2つの不明確な解のうち不正確な解に集束してもよい。現在開示されている方法および装置の使用は両方不正確な解を生じる。この代数的方法は、次に代数的方法からの解を装置位置の初期の推定値として使用する反復方法で対処されてもよい。異なる処理はそれで正確な解を選択できる。したがって代数的方法は、不正確な解の存在を検出し、両方の解を探すために使用できる。

【0028】

開示された方法および装置がハイブリッドGPSおよびセルラ位置決定システムに関して説明されることは当業者によって理解されるべきである。しかしながら、開示された方法および装置は、同様に統合GPSおよび長距離ナビゲーション（LORAN）あるいは他のこのような地上システムのような衛星測定値あるいは地上測定値を結合するいかなる位置決定のシステムにも応用できる。

【0029】

本発明は、下記の図面とともに行われるその好ましい実施形態の下記の詳細な説明からより詳細に理解される。

【0030】

【発明の実施の形態】

【数1】

以下、 \bar{x}_{ent} は x_{ent} と記す。

\bar{x}_i は x_i と記す。

\bar{x}_m は x_m と記す。

\bar{r}_0 は r_0 と記す。

\bar{s}_i は s_i と記す。

\bar{q} は q と記す。

\hat{b} は b と記す。

\bar{u} は u と記す。

\bar{x}_j は x_j と記す。

\bar{x} は x と記す。

\bar{s}_{IT} は s_{IT} と記す。

\bar{p} は p と記す。

\hat{z} は z と記す。

概要

開示された方法および装置は、位置決定システムで装置の位置を決定するために地上トランシーバ局および衛星（すなわち、ハイブリッド位置決定システム）の両方を使用するシステムである。現在示されている方法および装置は、受信機の位置を決定するのに十分な衛星測定値がないかあるいはより正確な位置が衛星およびセルラ通信システムの基地局のような地上トランシーバ局の組み合わせを使用して決定できるハイブリッド位置決定システムで最も有用である。

【0031】

開示された方法および装置によれば、「代数的」方法は、2つの解が存在し、両方の解の値が反復なしであるかどうかを決定するために使用される。したがって、代数的方法の使用は、不正確な解の両方を得るのに好ましい。開示された方法および装置は、ナビゲーションの方程式のシステムの代数的（すなわち、非反復近似）解を与える。この系のナビゲーションの方程式は、下記の各々に対する1つの方程式を含む。すなわち、（1）高度補助情報によって決定されるような装置の高度、（2）衛星測定値、（3）時間補助情報（すなわち、受信機時計バイアスの推定値）および（4）地上測定値。開示された方法および装置は、非反復解法が望ましいシナリオで系のナビゲーションの方程式を解くために使用できる。

【0032】

ここで提示された近似は、衛星測定値およびユーザ位置の初期推定値の近くの

高度補助測定値を線形化することによる。衛星測定値および高度測定値を線形化することは、平方にされる（すなわち2乗にされる）項を取り除くことを意味する。開示された方法および装置の一実施形態では、ユーザ位置の初期推定値は、ユーザがどの区分化された地上トランシーバ局と通信しているかを示す情報（E911フェーズ1に対する情報と等しい）を使用することによって得られる。それとは別に、最初の位置決定は、前述の位置決定、他の位置決定技術等によって得られる情報のような当該位置を推定するいかなる他の手段によっても決定できる。開示された方法および装置の他の実施形態では、初期推定値は、サービングセクター(serving sector)の中心あるいはサービング基地局そのもののいずれかである。推定がこのサービングセクターの位置および/またはサービング基地局に関する情報あるいは求められる位置決定の妥当な推定値を与える任意の他の情報を使用して行うことができることを理解すべきである。

【0033】

サービング基地局の位置決定に基づいた初期推定値は、一般的には正確に10～15 km内にある。2乗される未知数（すなわち、二次未知数）が単一変数を形成するように一緒にグループ化できる場合、代数的位置決定方法を利用するために、衛星測定値および高度補助測定値を線形化することによって行われる近似が必要とされる。この変数は、ナビゲーションの方程式の各々において同じ方法を規定されねばならない。これは、上記に示された4つの種類のナビゲーションの方程式がこれらの方程式の各々の形式の差により示されている場合に可能である。衛星測定値および高度補助測定値を線形化することは、二次未知数の数を減らすので、二次未知数を一緒にグループ化し、ナビゲーションの方程式の各々を通じて一貫した定義を有する二次変数として規定することを可能にする。

【0034】

解の1つが基準点から15 km以上である場合、この解は不正確である。しかしながら、この解が基準点の15 km以内にあるべきであると予め決めたので、このような不正確な解は、所望の解でない。基準点がユーザの15 km以内にあると予め決定できない場合（すなわち、セルがオーストラリアにあるような15 kmよりも大きい半径を有するシステムでは）、高度情報が平面波近似によって

近似されない場合、近似の精度を改良できる。

【0035】

したがって、高度情報が線形化される場合、不正確な解の1つだけが基準点の中心の10～15km以内にある限り、不正確さを解決できる。両方の解が基準点の15km以内にある場合、この近似は両方の解に対して有効である。したがって、両方の解に対する推定値は正確であり、一方の解は、他方の解に対して選択できない。したがって、他の基準は、所望の解と間違った解とを識別するために使用されねばならない。

【0036】

一旦近似解が決定されると、近似解は、より正確な反復解を決定する初期条件として使用できる。近似解からの解を移動局位置決定の初期推定値として使用することは、近似によって導入されるエラーがない解への速い集束を行う。

【0037】

正確な解を識別するために使用できる基準のいくつかは、下記のことを含むが、これに限定されない。(1) セクター角開口(すなわち、セクターの角度の大きさ)および配置、(2) 予想されるセルサイズに対するサービング基地局への距離、(3) 冗長性がある場合、2つの解の相対LMSコスト、(4) 受信信号電力および(5) ネットワーク計画に役立つカバレッジマップ。カバレッジマップは最適基準を構成する。

【0038】

本書の方法の説明はハイブリッドGPSおよびセルラ位置決定システムを一例として使用するが、この方法は、衛星測定値および地上測定値を結合する、統合GPSおよびLORANのようないかなる位置決定システムに容易に用いることができる。

【0039】

異なる種類の地上測定値がある。これらは、3つのカテゴリー、すなわち距離、擬似距離あるいは距離差の1つに属するものとみなされてもよい。さらに、時計バイアスおよび/または高度推定値は利用可能であってもよい。後述される代数的方法および装置は、衛星測定値および基地局測定値の下記の組み合わせのい

ずれかを処理できる。

【0040】

1. 同じバイアス（平面波近似がある場合あるいは平面波近似がない場合）を有する擬似距離としての地上測定値および衛星測定値。

【0041】

2. （平面波近似を使用する）距離差としての地上測定値および擬似距離としての衛星測定値。これは、擬似ランダム雑音（PN）オフセット差（衛星とは異なるバイアス）およびRTDの両方が利用可能である場合に相当する。次に、距離測定値は全距離差を距離に変換するために使用される。

【0042】

これらの測定値の組み合わせのいずれかにも追加できる。

【0043】

・時計バイアス推定値

・高度補助（地球を平面として近似する）

本文で説明された技術は他の種類の測定値まで拡張できる。

【0044】

定義

この節では、本文の残りを通じて使用される表記法が定義される。下つき添字「s」は、衛星測定値および衛星位置を示すために使用される。下つき添字「b」は基地局測定値および基地局位置を示すために使用される。記号 γ 、 ρ 、 δ は、距離、擬似距離および距離差をそれぞれを示すために使用される。エンティティの座標は、 $x_{e,n,t}^- = [x_{e,n,t}^- \ y_{e,n,t}^- \ z_{e,n,t}^-]$ として示される。この系の未知数は、 $u^- = [x^- \ b]^T = [x \ y \ z \ b]^T$ として示される。変数 b は衛星測定値時間バイアスを示している。文字「b」は、バイアスが衛星測定値の場合と同じであると仮定できる場合に基地局測定値のために使用できる。従来の表記法および従来の定義は、ベクトルの規準、すなわち $|x_i^-| = (x_i^{-2} + y_i^{-2} + z_i^{-2})^{1/2}$ および2つのベクトルの内積、すなわち $x_i^- \cdot x_j^- = x_i^- x_j^- + y_i^- y_j^- + z_i^- z_j^-$ のために使用される。

【0045】

ナビゲーションの方程式の操作で行われる近似は、受信機位置の推定値が10～15 km以内にあるために正確であると仮定する。一般に、電話への最も早い到達時間を有するセクターはサービングセクターと呼ばれる。この基準点は、サービングセクターのカバレッジエリアの中心である。セクターのサイズが10～15 kmよりも大きい場合、基準点がこの結果に従って更新される開示された方法の反復を実行する必要があると得る。しかしながら一般には、これは必要でない。

【0046】

高度補助

移動局の高度推定値は、地上情報、前述の位置決定、あるいは他のソースあるいは測定値から利用できてよい。移動位置 $x_m = [x_m \ y_m \ z_m]$ が地球に中心がある地球固定 (ECF) 座標で規定される場合、高度推定値は、 $|x_m|$ の推定値である。代数的解法を助ける高度を含むために、代数的方法の二次項の選択を制限しないように高度補助方程式を一次方程式として示さなければならない。これは、高度推定値が（回転基準点の所定の半径内の）系の方程式の未知数の線形結合になるように座標フレームを回転させることによって行うことができる。

【0047】

Z 軸が移動局の位置の初期推定値として選択される点を通るように ECF 座標フレームを回転させる。セルラ基地局および GPS 衛星のような地上トランシーバ局を使用するハイブリッド位置決定システムの場合、この初期推定値は、選択された基地局のカバレッジエリアの点であり得る。基地局測定値が擬似距離あるいは距離である場合、サービングセクターの中心は初期推定値として使用できる。基地局測定値が距離差である場合、サービング基地局（距離差基準）は、初期推定値として使用されねばならない。これは、距離差測定値の場合この方法によって課された制約による。

【0048】

移動局位置の初期推定値が移動局の正確な位置に近い場合、移動局高度の推定値は、新しい回転座標フレームの移動局の Z 座標の推定値である。線形化は、高

度推定値を移動局のX座標あるいは（前述されるようなZ軸の代わりに）Y座標の推定値に変換することによって二者択一的に行うことができる。回転マトリックスTは下記のように計算される。

【0049】

$r_0 = [x_0 \quad y_0 \quad z_0]$ が移動局位置のための初期推定値のECF座標を示す場合、これらの座標は、下記のように球座標系に変換できる。 θ 、 ϕ および r は球座標フレームの座標である場合、

【数2】

$$r = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2} \quad (3)$$

である。

【0050】

回転マトリックスは球座標の関数として示すことができる。

【0051】

【数3】

$$T = \begin{bmatrix} \cos(\theta)\cos(\phi) & \cos(\theta)\sin(\phi) & -\sin(\theta) \\ -\sin(\phi) & \cos(\phi) & 0 \\ \sin(\theta)\cos(\phi) & \sin(\theta)\sin(\phi) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (4)$$

回転マトリックスTを使用し、回転座標系の全衛星および基地局の新しい座標を計算する。

【0052】

【数4】

$$\bar{s}_{iT} = T \cdot (\bar{s}_i - \bar{r}_0) \quad (5)$$

\bar{s}_i は、ECF座標の衛星iの座標を示し、 \bar{s}_{iT} は、回転座標系の衛

星 i の座標を示す。したがって、式 (5) は、E C E F 座標の衛星の座標から計算されるように回転座標系の衛星 i の座標を示す。したがって、回転座標系の移動局の Z 座標のための推定値が与えられる。 Z 座標の推定値は、新しい一次方程式、 $\hat{z} = z$ を系の方程式に加えることによって単に考慮することができる。この方法の1つの目的は、 λ によって系の方程式を定義することにある。式 6 a は、一次変数 λ によって求められる位置を示す手段をもたらす。変数 A_a 、 l_a 、および c_a は、等号を正確にするために選択される。

【0053】

【数5】

$$A_a \vec{u} = l_a \lambda + c_a \quad (6a)$$

式 6 b では、 A_a は、一次元マトリックス $[0 \ 0 \ 1 \ 0]$ に等しく、 λ は、4つの未知数 x 、 y 、 z 、および b を含む一次元マトリックスに等しく、 l_a はゼロに等しく、 c_a は \hat{z} に等しい。

【0054】

【数6】

$$A_a \vec{u} = l_a \lambda + c_a \Leftrightarrow [0 \ 0 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ b \end{bmatrix} = 0 \cdot \lambda + \hat{z} \quad (6b)$$

式 6 b の形式は、下記で分かるように、高度情報を既知であり、衛星測定値および基地局測定値のような他の情報と結合することをより容易にする。

【0055】

衛星測定値

$[x_m \ y_m \ z_m]$ をその位置が求められる移動局の位置とし、 $[x_{s_i} \ y_{s_i} \ z_{s_i}]$ を衛星 S_i の位置とする。 b を受信機時計バイアスとする。したがって、各衛星に対する擬似距離測定値 ρ_i (ここで、 $i = 1, \dots, n$) は下記のように示すことができる。

【0056】

【数7】

$$\rho_{ji} = \sqrt{(x_{ji} - x_m)^2 + (y_{ji} - y_m)^2 + (z_{ji} - z_m)^2} + b, \quad i=1, \dots, n \quad (7)$$

衛星は地球からはるかに離れているために、平面波近似を使用することは妥当である。平面波近似は、衛星からある距離の球体の代わりに、衛星測定表面は衛星からある距離の平面である。

【0057】

ベクトルは、 $\underline{v}_{ji} = (x_r - x_{ji}) / |x_r - x_{ji}|$ として規定され、照準線は、衛星からの基準になる。衛星測定方程式は、下記のように記述できる。

【0058】

【数8】

$$\langle \bar{x} - \bar{x}_{ji}, \bar{v}_{ji} \rangle + b = \rho_{ji} \quad (8a)$$

式8bは式8aから続くことが分かる。

【0059】

【数9】

$$\langle \bar{x}, \bar{v}_{ji} \rangle + b = \rho_{ji} + \langle \bar{x}_{ji}, \bar{v}_{ji} \rangle \quad (8b)$$

系の方程式は、求められる位置に対する各セットの衛星測定値の関係を示す下記の形式に記述できる。

【0060】

【数10】

$$A_s \bar{u} = \bar{c}, \quad (9a)$$

式8bを複数の衛星 s_1 から s_n の各々に対して式9aの形式で記述すると、

下記のようなになる。

【0061】

【数11】

$$\begin{bmatrix} \bar{v}_{s1}(1) & \bar{v}_{s1}(2) & \bar{v}_{s1}(3) & 1 \\ \bar{v}_{s2}(1) & \bar{v}_{s2}(2) & \bar{v}_{s2}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{v}_{sn}(1) & \bar{v}_{sn}(2) & \bar{v}_{sn}(3) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_{s1} + \langle \bar{x}_{s1}, \bar{v}_{s1} \rangle \\ \rho_{s2} + \langle \bar{x}_{s2}, \bar{v}_{s2} \rangle \\ \vdots \\ \rho_{sn} + \langle \bar{x}_{sn}, \bar{v}_{sn} \rangle \end{bmatrix} \quad (9b)$$

時間補助

基準基地局で行われるRTD測定は、移動局時計のバイアスを推定するために使用できる。RTD測定は、移動局に到達するために基地局から送信され、移動局によって再送信され、基地局によって受信される信号に対して必要とされる時間量を測定し、移動局による同期再送信（すなわち、送受信信号が同期している）をとることによって行われる。伝搬時間が両方向で等しいとの仮定が行われる場合、信号が基地局から移動局まで移動するのに必要とされる時間量は、RTD測定値の1/2から決定できる。したがって、移動局時計は、信号が基地局と移動体との距離を通過するのに必要とされる時間量だけ基地局時計からずらされるので、基地局に対する移動局時計バイアスを決定できる。移動局時計は、GPS擬似距離を測定するために時間基準として使用されることに注目すべきである。したがって、

【数12】

$$\hat{b} = \frac{RTD}{2}, \quad (10)$$

である。

【0062】

ここで、 \hat{b} は、GPS擬似距離測定を実行するために使用される時間基準のバイアス b の推定値である。時計バイアスは、前述のナビゲーション解法のような他のソースあるいは測定値からも利用可能であり得る。時計バイアスの推定値

は、新しい一次方程式、 $\hat{b} = b$ を系の方程式のために使用される形式で示すことによって単に考慮できる。

【0063】

【数13】

$$A_r \bar{u} = l_r \lambda + c_r \Leftrightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ b \end{bmatrix} = 0 \times \lambda + \hat{b} \quad (11)$$

地上測定値およびシステム解法

地上測定値は3つの方法で処理できる。

【0064】

1. 地上擬似距離
2. 地上距離
3. 地上到達時間差

擬似距離としての地上測定値

移動局によって形成されるパイロット位相測定値は擬似距離とみなされる。GPSおよびLORANの両方を使用する系では、LORAN測定値は擬似距離とみなされてもよい。地上測定値が擬似距離とみなされる場合、これらは下記のように示すことができる。

【0065】

【数14】

$$\rho_{bi} = |\bar{x} - \bar{x}_{bi}| + b_i, \quad (12)$$

ここで b_i は各測定値のバイアスである。

【0066】

測定値の各々に対して、下記の操作を実行する。最初に b_i を両辺から減算する。次に、式の両辺を二乗すると下記のようになる。

【0067】

【数15】

$$(\rho_{bi} - b_i)^2 = |\bar{x} - \bar{x}_{bi}|^2 \quad (13a)$$

次に、各辺が展開されると、下記ようになる。

【0068】

【数16】

$$\rho_{bi}^2 - 2\rho_{bi}b_i + b_i^2 = |\bar{x}|^2 - 2\langle \bar{x}, \bar{x}_{bi} \rangle + |\bar{x}_{bi}|^2 \quad (13b)$$

次に、二次項の全ては式の右辺に集められると下記のようになる。

【0069】

【数17】

$$2\langle \bar{x}, \bar{x}_{bi} \rangle - 2\rho_{bi}b_i = |\bar{x}|^2 - b_i^2 + |\bar{x}_{bi}|^2 - \rho_{bi}^2 \quad (13c)$$

二次変数、 $\lambda = |\bar{x}|^2 - b_i^2$ が定義される。式(13c)は下記のように記述できる。

【0070】

【数18】

$$2\langle \bar{x}, \bar{x}_{bi} \rangle - 2\rho_{bi}b_i = \lambda + |\bar{x}_{bi}|^2 - \rho_{bi}^2 \quad (14)$$

各基地局に対する演算を擬似距離測定値の式(13)および(14)で実行できる。したがって、複数の基地局 b_1 から b_n に対する系の方程式は、そのとき下記のように所望の形式で示すことができる。

【0071】

【数19】

$$A_B \bar{u} = \bar{l}_b \lambda + \bar{c}_b \Leftrightarrow \begin{bmatrix} 2x_{b1} & 2y_{b1} & 2z_{b1} & -2\rho_{b1} \\ 2x_{b2} & 2y_{b2} & 2z_{b2} & -2\rho_{b2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 2x_{bn} & 2y_{bn} & 2z_{bn} & -2\rho_{bn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ b_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \lambda + \begin{bmatrix} |\bar{x}_{b1}|^2 - \rho_{b1}^2 \\ |\bar{x}_{b2}|^2 - \rho_{b2}^2 \\ \vdots \\ |\bar{x}_{bn}|^2 - \rho_{bn}^2 \end{bmatrix} \quad (15)$$

高度補助、衛星測定値および式(6)、(9)、および(11)のそれぞれに規定されるような時間バイアス測定値は、この段階でこの系に付加できる。この場合、二次項はとにかく同じであるので衛星測定値に対する平面波近似を使用する必要がないことを注目せよ。したがって、ここで基地局測定値に用いられた同じ操作は衛星測定値に対しても実行できる。

【0072】

この式のセットは、一つの方程式のセットを得るように連結できる。

【0073】

【数20】

$$A \bar{u} = \bar{l} \lambda + \bar{c} = \begin{bmatrix} A_s \\ A_B \\ A_r \\ A_A \end{bmatrix} \bar{u} = \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{l}_b \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \lambda + \begin{bmatrix} \bar{c}_s \\ \bar{c}_b \\ c_i \\ c_o \end{bmatrix} \quad (16)$$

Bを一般化されたAの逆数とすると(この場合の共分散は測定値の共分散マトリックスと同じでないことに注目せよ)、そのとき下記のようになる。

【0074】

【数21】

$$\bar{u} = B \times (\bar{l} \lambda + \bar{c}) = B \times \bar{l} \lambda + B \times \bar{c} = \bar{p} \lambda + \bar{q} \quad (17)$$

ベクトルpおよびqのx成分、y成分、およびz成分を示す一対のベクトルdおよびeを下記のように規定し、

【数22】

$$\begin{cases} \bar{d} = [\bar{p}(1) & \bar{p}(2) & \bar{p}(3)]^T \\ \bar{e} = [\bar{q}(1) & \bar{q}(2) & \bar{q}(3)]^T \end{cases} \quad (18a)$$

かつベクトル p および q のオフセット b を示す一対のスカラー f および g を下記のように規定する。

【0075】

【数23】

$$\begin{cases} f = \bar{p}(4) \\ g = \bar{q}(4) \end{cases} \quad (18b)$$

したがって、下記のことから分かる。

【0076】

【数24】

$$\bar{x} = \bar{d}\lambda + \bar{e} \quad (18c)$$

【数25】

$$|\bar{x}|^2 = |\bar{d}\lambda + \bar{e}|^2 \quad (18d)$$

したがって、式28bを λ の定義に代入すると、下記のようになる。

【0077】

【数26】

$$\begin{aligned} \lambda = |\bar{x}|^2 - b^2 &= |\bar{d}\lambda + \bar{e}|^2 - (f\lambda + g)^2 = \\ |\bar{d}|^2 \lambda^2 + 2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle \lambda + |\bar{e}|^2 &- (f^2 \lambda^2 + 2fg\lambda + g^2) \end{aligned} \quad (19a)$$

次に、 λ^2 に関連した項の全部、 λ に関連した項の全部、 λ に関連していない項の全部を式の左辺に一緒に集めると、下記のようなになる。

【0078】

【数27】

$$\begin{aligned} \left(|\bar{d}|^2 - f^2\right)\lambda^2 + (2\langle\bar{d}, \bar{e}\rangle - 2fg - 1)\lambda + |\bar{e}|^2 - g^2 &= 0 \\ \left(|\bar{d}|^2 - f^2\right)\lambda^2 + (2\langle\bar{d}, \bar{e}\rangle - 2fg - 1)\lambda + |\bar{e}|^2 - g^2 &= 0 \end{aligned} \quad (19b)$$

式(19b)は、 λ の二次項であり、下記の解を有する。

【0079】

【数28】

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{-(2\langle\bar{d}, \bar{e}\rangle - 2fg - 1) + \sqrt{(2\langle\bar{d}, \bar{e}\rangle - 2fg - 1)^2 - 4(|\bar{d}|^2 - f^2)(|\bar{e}|^2 - g^2)}}{2(|\bar{d}|^2 - f^2)} \\ \lambda_2 &= \frac{-(2\langle\bar{d}, \bar{e}\rangle - 2fg - 1) - \sqrt{(2\langle\bar{d}, \bar{e}\rangle - 2fg - 1)^2 - 4(|\bar{d}|^2 - f^2)(|\bar{e}|^2 - g^2)}}{2(|\bar{d}|^2 - f^2)} \end{aligned} \quad (20)$$

λ のこれらの2つの値を λ の関数としてシステム変数の定義に代入することによって λ のこれらの2つの値に相当する解を求めることができる。

【0080】

【数29】

$$\begin{aligned} \bar{u}_1 &= \bar{p}\lambda_1 + \bar{q} \\ \bar{u}_2 &= \bar{p}\lambda_2 + \bar{q} \end{aligned} \quad (21)$$

正しい解を区別するために、2つの解を系の方程式に戻して代入し、非常にわずかな残差を生じる解を求める。両方の解がわずかな残差を生じる場合、このシステムには2つの不正確な解がある。

【0081】

距離としての地上測定値

基地局によって実行されるRTD測定値は、移動局と基地局との距離を概算するために使用できる。基地局で行われるRTD測定値は距離測定値とみなすことができる。基準局で行われるRTD測定値は、他の基地局への距離を得るために基準基地局および他の基地局からのパイロット信号の到達時間差の移動局の測定値と結合することができる。

【0082】

この場合、前述された高度補助に対する近似を使用する必要がないことを注目せよ。

【0083】

地上測定値が距離とみなされる場合、この地上測定値は、下記の形式で示すことができる。

【0084】

【数30】

$$r_{bi} = |\bar{x} - \bar{x}_{bi}| \quad (22)$$

測定値の各々に対して、下記の操作を実行できる。

【0085】

【数31】

$$r_{bi}^2 = \left| \bar{x} - \bar{x}_{bi} \right|^2 \quad (23a)$$

次に、この式の右辺の項が展開される。

【0086】

【数32】

$$r_{bi}^2 = \left| \bar{x} \right|^2 - 2 \langle \bar{x}, \bar{x}_{bi} \rangle + \left| \bar{x}_{bi} \right|^2 \quad (23b)$$

次に、二次項は、式の右辺に集められ、分離される。

【0087】

【数33】

$$2 \langle \bar{x}, \bar{x}_{bi} \rangle = |\bar{x}|^2 + |\bar{x}_{bi}|^2 - r_{bi}^2 \quad (23c)$$

二次変数は $\lambda = |\bar{x}|^2$ として規定される。式(23c)は下記のように示すことができる。

【0088】

【数34】

$$2 \langle \bar{x}, \bar{x}_{bi} \rangle = \lambda + |\bar{x}_{bi}|^2 - r_{bi}^2 \quad (24)$$

全距離測定値に対する演算を式(23)および(24)で実行できる。次に、この系の方程式は下記のように記述できる。

【0089】

【数35】

$$A_b \bar{u} = \bar{l}_b \lambda + \bar{c}_b \Leftrightarrow \begin{bmatrix} 2x_{b1} & 2y_{b1} & 2z_{b1} & 0 \\ 2x_{b2} & 2y_{b2} & 2z_{b2} & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 2x_{bn} & 2y_{bn} & 2z_{bn} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \lambda + \begin{bmatrix} |\bar{x}_{b1}|^2 - r_{b1}^2 \\ |\bar{x}_{b2}|^2 - r_{b2}^2 \\ \vdots \\ |\bar{x}_{bn}|^2 - r_{bn}^2 \end{bmatrix} \quad (25)$$

高度補助、衛星測定値および式(6)、(9)、および(11)のそれぞれに規定されるような時間バイアス測定値は、この段階でこの系に付加できる。この式のセットは、一つの式のセットを得るように連結できる。

【0090】

【数36】

$$A\bar{u} = \bar{l}\lambda + \bar{c} = \begin{bmatrix} A_s \\ A_b \\ A_r \\ A_a \end{bmatrix} \bar{u} = \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{l}_b \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \lambda + \begin{bmatrix} \bar{c}_s \\ \bar{c}_b \\ c_r \\ c_a \end{bmatrix} \quad (26)$$

Bを一般化されたAの逆数とすると（この場合の共分散マトリックスは共分散マトリックスと同じでないことに注目せよ）、そのとき下記のようになる。

【0091】

【数37】

$$\bar{u} = B \times (\bar{l}\lambda + \bar{c}) = B \times \bar{l}\lambda + B \times \bar{c} = \bar{p}\lambda + \bar{q} \quad (27)$$

ベクトル p および q の x 成分、 y 成分、 および z 成分を示す一対のベクトル d および e を下記のように規定し、

【数38】

$$\begin{cases} \bar{d} = [\bar{p}(1) & \bar{p}(2) & \bar{p}(3)]^T \\ \bar{e} = [\bar{q}(1) & \bar{q}(2) & \bar{q}(3)]^T \end{cases} \quad (28a)$$

かつベクトル p および q のオフセット b 成分を示す一対のスカラー f および g を下記のように規定する。

【0092】

【数39】

$$\begin{cases} f = \bar{p}(4) \\ g = \bar{q}(4) \end{cases} \quad (28b)$$

したがって、下記のこと分かる。

【0093】

【数40】

$$\bar{x} = \bar{d}\lambda + \bar{e} \quad (28c)$$

【数4 1】

$$|\bar{x}|^2 = |\bar{d}\lambda + \bar{e}|^2 \quad (28d)$$

したがって、下記のようになる。

【0094】

【数4 2】

$$\lambda = |\bar{x}|^2 = |\bar{d}\lambda + \bar{e}|^2 = |\bar{d}|^2 \lambda^2 + 2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle \lambda + |\bar{e}|^2 \quad (29a)$$

λ を式29aの両辺から減算することによって、等号がゼロに設定される：

【数4 3】

$$|\bar{d}|^2 \lambda^2 + (2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle - 1)\lambda + |\bar{e}|^2 = 0 \quad (29b)$$

式(29b)は λ の二次方程式であり、下記の解を有する。

【0095】

【数4 4】

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{-(2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle - 1) + \sqrt{(2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle - 1)^2 - 4|\bar{d}|^2|\bar{e}|^2}}{2|\bar{d}|^2} \\ \lambda_2 &= \frac{-(2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle - 1) - \sqrt{(2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle - 1)^2 - 4|\bar{d}|^2|\bar{e}|^2}}{2|\bar{d}|^2} \end{aligned} \quad (30)$$

λ のこれらの2つの値を λ の関数としてシステム変数の定義に代入することによって λ のこれらの2つの値に相当する解を求めることができる。

【0096】

【数4 5】

$$\begin{aligned}\bar{u}_1 &= \bar{p}\lambda_1 + \bar{q} \\ \bar{u}_2 &= \bar{p}\lambda_2 + \bar{q}\end{aligned}\quad (31)$$

正しい解を区別するために、2つの解を系の方程式に戻して代入し、非常にわずかな残差を生じる解を求める。両方の解がわずかな残差を生じる場合、このシステムには2つの不正確な解がある。

【0097】

距離差としての基地局測定値

移動局は、異なる基地局からのパイロット信号の到達時間差を測定する。これらの測定値は距離差とみなすことができる。GPSおよびLORANの両方を使用するシステムでは、LORAN測定値は距離差とみなされてもよい。基地局の1つ（例えば、 b_0 ）は全距離差の測定値に対する基準であり、この基地局が座標フレームの原点である、と、一般性の損失なしに仮定する。したがって、距離差測定値は下記のように示すことができる。

【0098】

【数46】

$$\delta_{bi} = |\bar{x} - \bar{x}_{bi}| - |\bar{x}| \quad (32)$$

測定値の各々に対して下記の操作を実行する。

【0099】

【数47】

$$(\delta_{bi} + |\bar{x}|)^2 = |\bar{x} - \bar{x}_{bi}|^2 \quad (33a)$$

両辺を展開する：

【数48】

$$\delta_{bi}^2 + 2\delta_{bi} |\bar{x}| + |\bar{x}|^2 = |\bar{x}|^2 - 2 < \bar{x}, \bar{x}_{bi} > + |\bar{x}_{bi}|^2 \quad (33b)$$

次に、方程式の右辺に二次項を集める。

【0 1 0 0】

【数4 9】

$$2 < \bar{x}, \bar{x}_{bi} > = -2\delta_{bi} |\bar{x}| + |\bar{x}_{bi}|^2 - \delta_{bi}^2 \quad (33c)$$

二次変数は $\lambda = |\bar{x}|$ として規定される。式 (33 c) は下記のように記述できる。

【0 1 0 1】

【数5 0】

$$2 < \bar{x}, \bar{x}_{bi} > = -2\delta_{bi} \lambda + |\bar{x}_{bi}|^2 - \delta_{bi}^2 \quad (34)$$

全距離差測定値の式 (33) および (34) の操作を実行できる。次に、この系の方程式は下記のように記述できる。

【0 1 0 2】

【数5 1】

$$A_b \bar{\mu} = \bar{l}_b \lambda + \bar{c}_b \Leftrightarrow \begin{bmatrix} 2x_{b1} & 2y_{b1} & 2z_{b1} & 0 \\ 2x_{b2} & 2y_{b2} & 2z_{b2} & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 2x_{bn} & 2y_{bn} & 2z_{bn} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\delta_{b1} \\ -2\delta_{b2} \\ \vdots \\ -2\delta_{bn} \end{bmatrix} \lambda + \begin{bmatrix} |\bar{x}_{b1}|^2 - \delta_{b1}^2 \\ |\bar{x}_{b2}|^2 - \delta_{b2}^2 \\ \vdots \\ |\bar{x}_{bn}|^2 - \delta_{bn}^2 \end{bmatrix} \quad (35)$$

高度補助、衛星測定値および式 (6)、(9)、および (11) のそれぞれに規定されるような時間バイアス測定値は、この段階でこの系に付加できる。この式のセットは、単一の式のセットを得るように連結できる。

【0 1 0 3】

【数5 2】

$$A\bar{u} = \bar{l}\lambda + \bar{c} = \begin{bmatrix} A_s \\ A_b \\ A_T \\ A_A \end{bmatrix} \bar{u} = \begin{bmatrix} \bar{0} \\ \bar{l}_b \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \lambda + \begin{bmatrix} \bar{c}_s \\ \bar{c}_b \\ c_i \\ c_a \end{bmatrix} \quad (36)$$

Bを一般化されたAの逆数とすると（この場合の共分散マトリックスは共分散マトリックスと同じでないことに注目せよ）、そのとき下記のようになる。

【0104】

【数53】

$$\bar{u} = B \times (\bar{l}\lambda + \bar{c}) = B \times \bar{l}\lambda + B \times \bar{c} = \bar{p}\lambda + \bar{q} \quad (37)$$

この点で2つの新しいベクトルdおよびeと2つの新しいスカラーfおよびgを規定する。

【0105】

【数54】

$$\begin{cases} \bar{d} = [\bar{p}(1) & \bar{p}(2) & \bar{p}(3)]^T \\ \bar{e} = [\bar{q}(1) & \bar{q}(2) & \bar{q}(3)]^T \end{cases} \quad \text{and} \quad \begin{cases} f = \bar{p}(4) \\ g = \bar{q}(4) \end{cases} \quad (38)$$

$p^-(1)$ $p^-(2)$ $p^-(3)$ はベクトルpのx成分、y成分およびz成分である。

【0106】

$q^-(1)$ $q^-(2)$ $q^-(3)$ はベクトルqのx成分、y成分およびz成分である。

【0107】

$p^-(4)$ はベクトルpのb成分である。

【0108】

$q^-(4)$ はベクトルqのb成分である。

【0109】

これによって、x成分、y成分およびz成分は、b成分とは別個であるみなすことができる。

【0110】

式38を式37に代入する場合、下記の式を得る。

【0111】

【数55】

$$\bar{u} = \bar{p}\lambda + \bar{q} = \bar{d}\lambda + e + \bar{f}\lambda + g$$

下記であることを分かるべきである。

【0112】

【数56】

$$\bar{x} = \bar{d}\lambda + e$$

したがって、この系の未知数x、y、およびzは、下記のようにλの関数として示すことができる。

【0113】

【数57】

$$\lambda = |\bar{x}| \Leftrightarrow \lambda^2 = |\bar{x}|^2 = |\bar{d}\lambda + \bar{e}|^2 = |\bar{d}|^2 \lambda^2 + 2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle \lambda + |\bar{e}|^2 \quad (39a)$$

式39aは、λを両辺から減算することによってゼロに等しく設定される。

【0114】

【数58】

$$\left(|\bar{d}|^2 - 1\right)\lambda^2 + 2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle \lambda + |\bar{e}|^2 = 0 \quad (39b)$$

式(39b)は、λの二次項であり、下記の解を有する。

【0115】

【数59】

$$\lambda_1 = \frac{-2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle + \sqrt{(2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle)^2 - 4(|\bar{d}|^2 - 1)|\bar{e}|^2}}{2(|\bar{d}|^2 - 1)}$$

$$\lambda_2 = \frac{-2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle - \sqrt{(2\langle \bar{d}, \bar{e} \rangle)^2 - 4(|\bar{d}|^2 - 1)|\bar{e}|^2}}{2(|\bar{d}|^2 - 1)} \quad (40)$$

λ のこれらの2つの値を λ の関数としてシステム変数の定義に代入することによって λ のこれらの2つの値に相当する解を求めることができる。

【0116】

【数60】

$$\bar{u}_1 = \bar{p}\lambda_1 + \bar{q}$$

$$\bar{u}_2 = \bar{p}\lambda_2 + \bar{q} \quad (41)$$

不明確な解

二次系の代数的解法は、冗長性がある場合さえ、常に2つの解を生じる。開示された方法および装置によれば、正しい解を区別するために、これら2つの解を系の方程式に戻して代入し、非常にわずかな残差を生じる解を求める。両方の解がわずかな残差を生じる場合、この系は2つの明確な解を有する。正しい解は、基地局測定値に関連したセクター情報と矛盾のない解である。それとは別に、求められる位置の最初の推定値を決定するために使用されるこの方法のいずれかが不明確さを解決する（すなわち2つの解の中の1つを選択する）のに役立つためにも使用されてもよいことを当業者は理解するであろう。例えば、その位置が求められる装置と通信しているセクターは、解の1つ、その代わりにサービング基地局の位置、この装置内の高度センサによって決定されるような装置の高度、あるいは解の1つが正しいより可能性があるという可能性を制限するために使用さ

れてもよいいかなる他の情報も取り除いてもよい。前述のように、不明確さを解決するために使用できる基準のいくつかは、下記のことを含むが、これに限定されない。(1) セクター角開口(すなわち、セクターの角度の大きさ)および配置、(2) 予想されるセルサイズに対するサービング基地局への距離、(3) 冗長性がある場合、2つの解の相対LMSコスト、(4) 受信信号電力および(5) ネットワーク計画に役立つカバレッジマップ。

【0117】

図7は、開示された方法および装置を実施するために使用される1つの装置700の構造を示している。図7に示されるように、この装置は、アンテナ702と、トランシーバ704と、プロセッサ706とを含む。このアンテナは、衛星および地上トランシーバ局のような信号源の各々から信号を受信する。この信号は、アンテナ702からトランシーバ704に結合される。次に、この信号は、当業者に周知であるようにトランシーバ704によって処理される。このトランシーバは、アナログ通信トランシーバ、デジタル通信トランシーバ、GPS位置決定トランシーバ、ロラントランシーバ、あるいはこれらもしくは他の種類のトランシーバの任意の組み合わせであってもよい。次に、処理信号はプロセッサ706に結合される。このプロセッサ706は、前述された機能を実行でき、メモリを含む汎用マイクロプロセッサと、メモリを含む特別なマイクロプロセッサ、専用集積回路(ASIC)(あるいはASICの一部)、個別部品を含む専用回路、状態機械を含む専用コンピュータと、あるいはミニコンピュータ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、あるいはメインフレームコンピュータを含む任意の汎用コンピュータを含む任意の種類の計算装置であってもよい。このプロセッサ706は、この装置700の位置を出力する。プロセッサ700によって実行される処理機能が、同じ物理位置にあってもよいしあるいはなくてもよいいくつかの部品の中に分散されてもよい。例えば、情報が、必要とされる計算および操作のいくつかを実行する可能な決定装置(PDE)のような装置によって収集され、外部装置に送信されることは一般的である。

【0118】

前述された好ましい実施形態は例として引用されることに注目すべきであり、

本発明の全範囲は特許請求の範囲だけに限定される。例えば、本出願は上記のいくつかの例の通信基地局の使用を示しているが、地上トランシーバ局は、信号を供給でき、位置探索を決定する本方法および装置を受け入れる任意の局であってもよい。同様に、上記の例の多くで参照される衛星はGPS衛星である。それにもかかわらず、衛星は、位置探索決定のために前述のように使用できる位置探索をもたらす付加信号を供給する任意のシステムであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

4つの衛星およびGPS受信機を示している。

【図2】

地上トランシーバ局および移動局を示している。

【図3】

3つの衛星、地上トランシーバ局、および移動局を示している。

【図4】

2つの基地局および移動局を示している。

【図5】

2つの衛星501、502、基地局504、および移動局505を示している。

。

【図6】

衛星601、2つの地上トランシーバ局604、および移動局を示している。

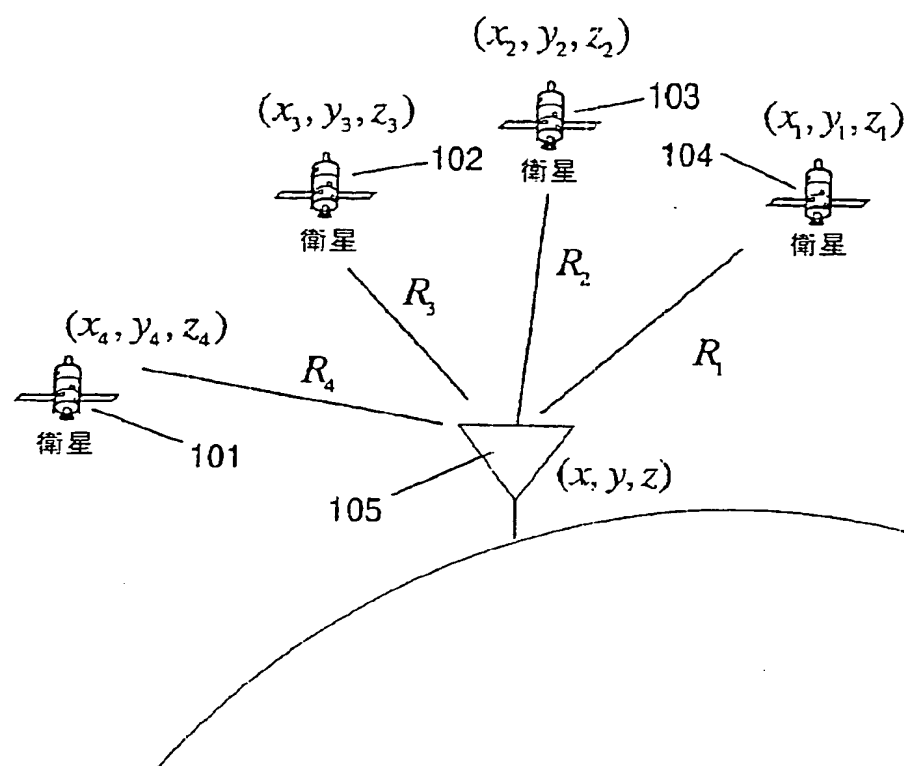
【図7】

開示された方法および装置を実施するために使用される1つの例の構造を示している。

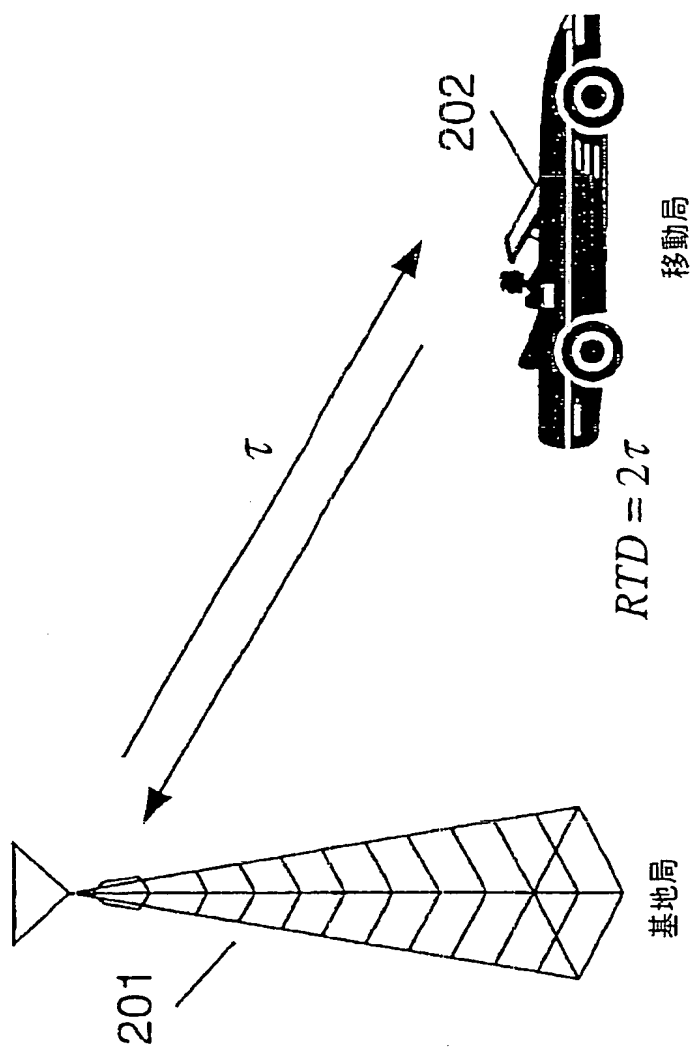
【符号の説明】

101…衛星、102…衛星、103…衛星、104…衛星、201…基地局、
202…移動局、301…衛星、704…トランシーバ、706…プロセッサ、

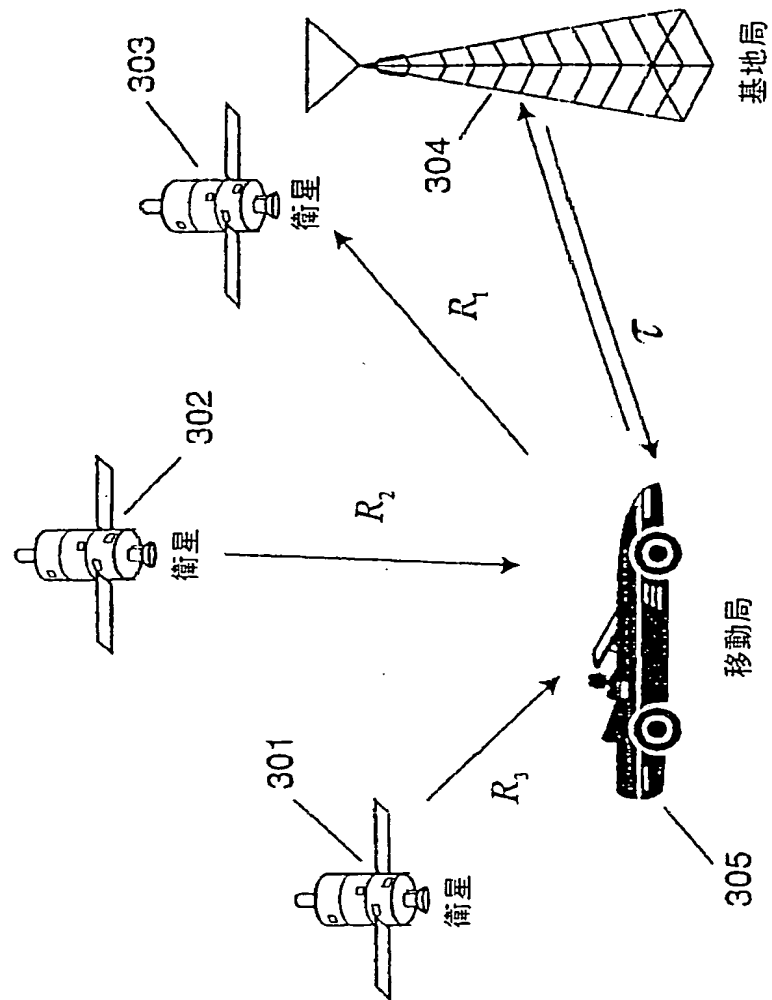
【図1】



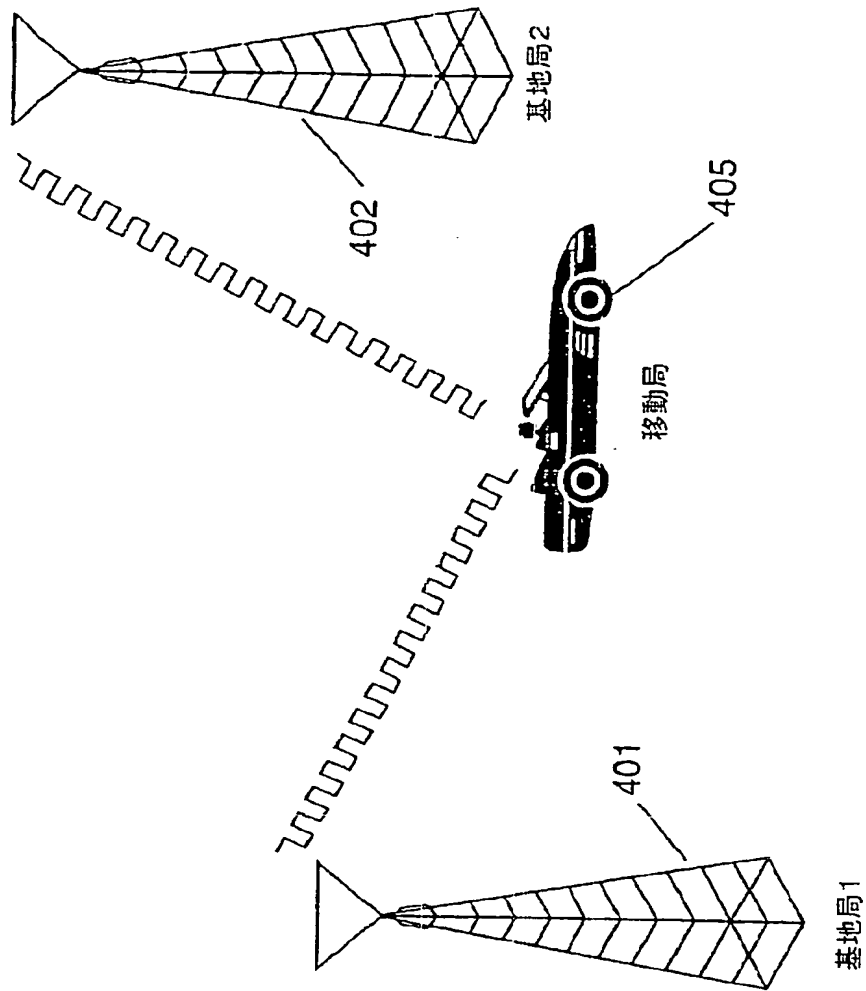
【図2】



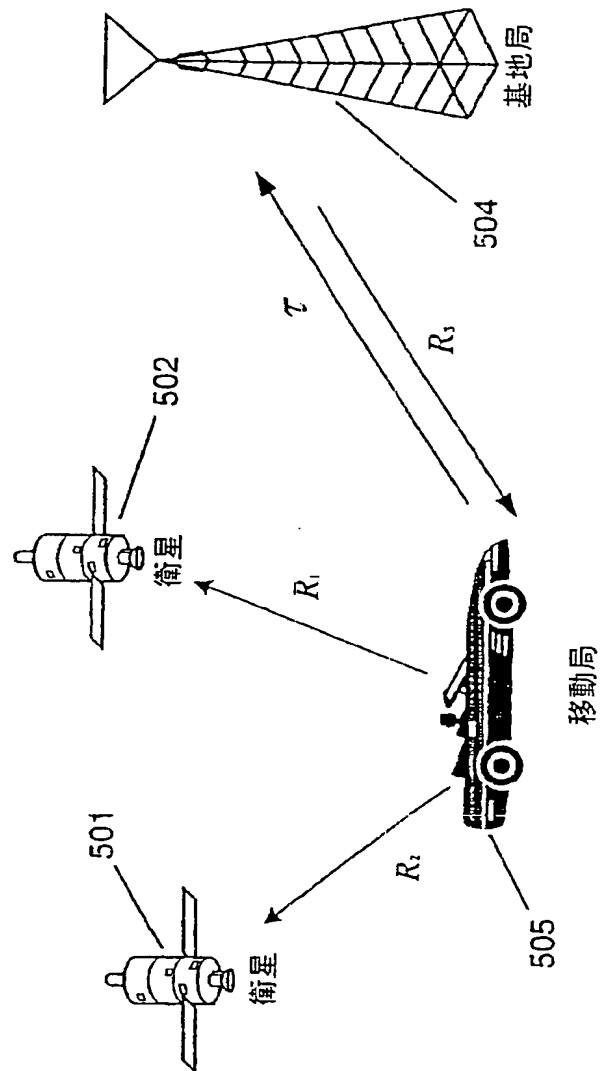
【図3】



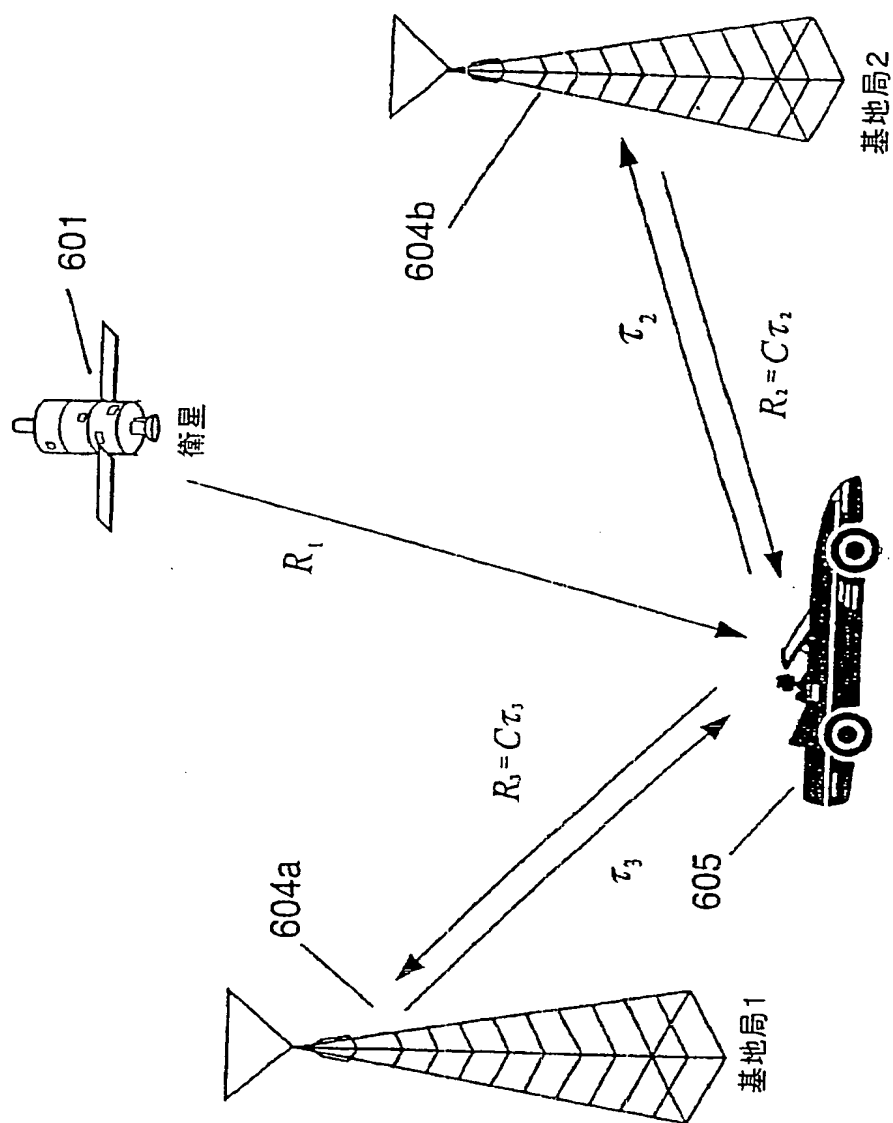
【図4】



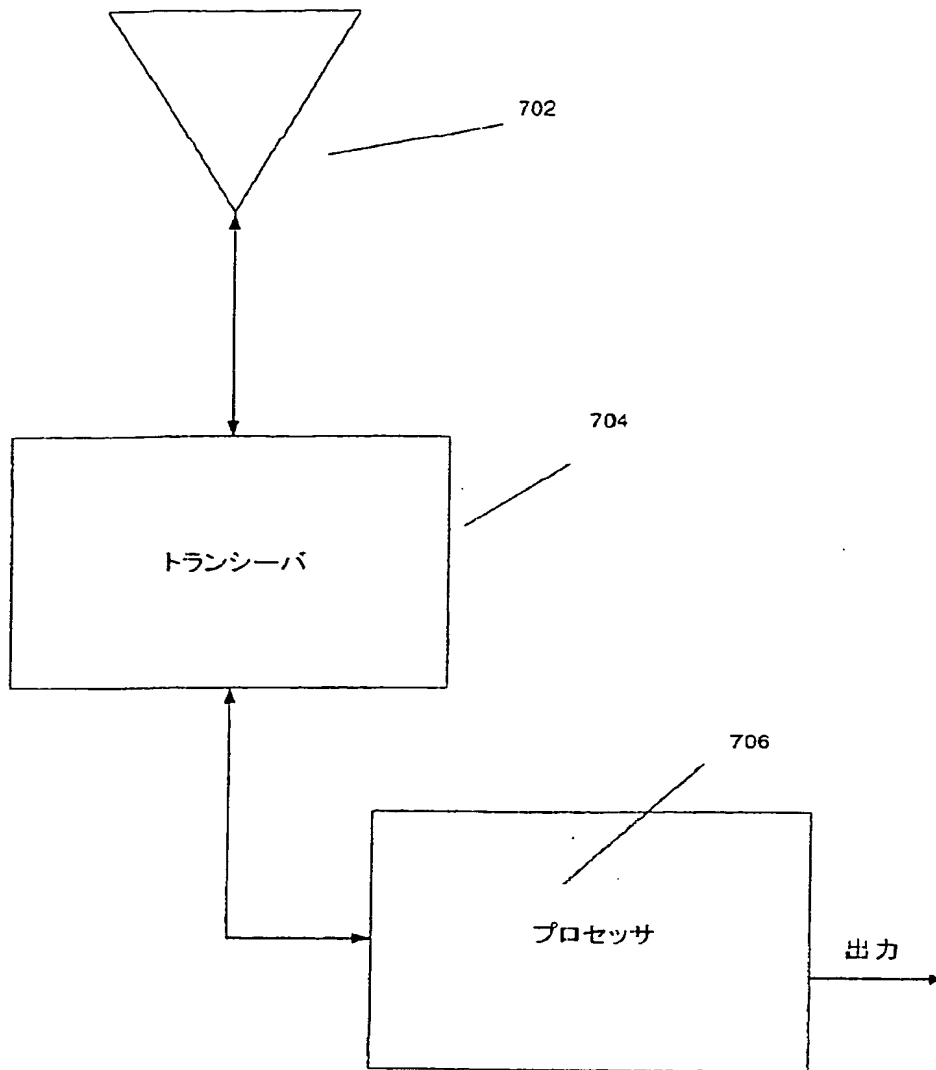
【図5】



【图6】



【図7】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 00/33375

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 601S5/14 601S5/12		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 601S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EFO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 54752 A (SNAPTRACK INC) 28 October 1999 (1999-10-28) abstract page 2, paragraph 3 -page 3, paragraph 1 page 4, paragraph 3 -page 6, paragraph 1 page 19, paragraph 3 -page 21, paragraph 2 ---	1
A	BANCROFT S: "AN ALGEBRAIC SOLUTION OF THE GPS EQUATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. AES-21, no. 7, January 1985 (1985-01), pages 56-69, XP000972710 ISSN: 0018-9251 cited in the application the whole document ---	1
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claims or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 November 2001		Date of mailing of the international search report 20/11/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax (+31-70) 340-3010		Authorized officer Roost, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
Pct/US 00/33375

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 914 686 A (SCHIPPER JOHN F) 22 June 1999 (1999-06-22) cited in the application abstract column 1, line 11 -column 12, line 58 ---	1
A	WO 99 47943 A (QUALCOMM INC) 23 September 1999 (1999-09-23) abstract page 3, line 9 -page 6, line 1 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 00/33375

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9954752	A	28-10-1999	US 5999124 A	07-12-1999
			AU 3640299 A	08-11-1999
			CN 1310802 T	29-08-2001
			EP 1073913 A1	07-02-2001
			FI 20002318 A	21-12-2000
			WO 9954752 A1	28-10-1999
US 5914686	A	22-06-1999	US 5825328 A	20-10-1998
WO 9947943	A	23-09-1999	US 6081229 A	27-06-2000
			AU 3087999 A	11-10-1999
			BR 9908819 A	28-11-2000
			CN 1300370 T	20-06-2001
			EP 1064562 A1	03-01-2001
			FI 20001897 A	17-11-2000
			NO 20004620 A	02-11-2000
			WO 9947943 A1	23-09-1999

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 バヤノス、アルキヌース・ヘクター
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
92109 サン・ディエゴ、ナンバー2、サ
ウス・フェルスパー・ストリート 1134

(72)発明者 アガシエ、バラグ・エー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
92126 サン・ディエゴ、ナンバー4、カ
ミノ・ルイズ 10173

(72)発明者 ソリマン、サミール・エス
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
92131 サン・ディエゴ、サイブレス・キ
ャニオン・パーク・ドライブ 11412

Fターム(参考) 5J062 AA05 AA13 BB01 CC07 DD05
5K067 AA21 BB04 BB21 DD20 DD25
DD30 EE02 EE10 FF03 JJ52
JJ53 JJ56